

Prof. Francesco Bastione

# LABORATORIO DI FISICA

A.S. 2018/2019

progetto Area a rischio (art. 9)

## DENTRO E FUORI DEI BANCHI

Istruzione su esperienza laboratoriale in fisica

### LA CADUTA LIBERA

#### PREMESSA E OBIETTIVI

È da tempo immemorabile che gli uomini sono schiavi del loro peso e di una misteriosa forza che li spinge verso terra, da sempre sognano di sconfiggerla o volando o almeno arrampicandosi verso l'alto su alberi e montagne. Ma il pericolo continuo è quello di cadere, a cosa si va incontro. Il problema non va affrontato solo in termini di forza di gravità, ma soprattutto in termini di energia.

Inoltre dalle verifiche ottenute per iscritto e nelle conversazioni verbali si evidenzia spesso da parte degli alunni una forte convinzione di tipo aristotelica dei moti tra le quali si annovera quella che un corpo più pesante è più veloce di una più leggero.

Lo scopo di questo lavoro è studiare le caratteristiche di un corpo in caduta libera durante l'attività sportiva di arrampicata.

#### PROCEDIMENTO

Il procedimento consiste in una prima fase ricerca e uno studio che può essere effettuato in classe con il professore, oppure in gruppo o con l'aiuto di Internet. Consiglio di seguire le seguenti fasi:

1. Studiare gli elementi essenziali del moto rettilineo uniformemente accelerato.
2. Studiare il funzionamento del dispositivo per raccogliere i dati fisici, nel nostro caso sarà utilizzato l'accelerometro presente nel proprio smartphone registrati ed analizzati con il programma Toolbox suite.
3. Confrontare i dati sperimentali con quelli teorici del tempo di caduta dall'altezza scelta nonché la proporzionalità quadratica tra lo spazio percorso e il tempo impiegato.
4. Con la metodologia del *Circle Time* e/o Brainstorming condividere i risultati della ricerca e inserirli nel personal computer come relazione/articolo o come parte del gioco di ruolo per far avanzare nella storia il proprio avatar.
5. Ritornare all'attività sportiva/ludica e salire sull'albero e/o sulla parete e portare

con se due oggetti massivi di diverso peso, ma abbastanza lisci da poter trascurar l'attrito con l'aria; lasciarli cadere e con l'aiuto di una videocamera o di uno smartphone verificare che toccano il suolo ad una praticamente nello stesso istante (errore al di sotto dell'1%).

6. Con la metodologia del *Circle Time* e/o Brainstorming condividere i risultati della ricerca e inserirli nel personal computer come relazione/articolo o come parte del gioco di ruolo per far avanzare nella storia il proprio avatar.

## APPUNTI PER LA FASE 1

### La caduta libera

In questo capitolo trascuriamo la resistenza dell'aria, per cui il moto di caduta di un corpo ha luogo con accelerazione costante  $g$ . Anche un corpo lanciato verso l'alto o verso il basso effettua un moto con accelerazione  $g$ . In generale si dice che

un corpo è in **caduta libera** quando durante il moto è sottoposto alla sola accelerazione di gravità.

Per studiare un moto di caduta libera basta quindi applicare le formule del moto rettilineo uniformemente accelerato. In genere si sceglie un sistema di riferimento in cui la posizione del corpo è riferita a un asse verticale con l'origine a livello del terreno. Il senso positivo dell'asse è diretto verso l'alto e quindi l'accelerazione  $g$  è sempre negativa, mentre la velocità del corpo è positiva quando il corpo sale e negativa quando scende.

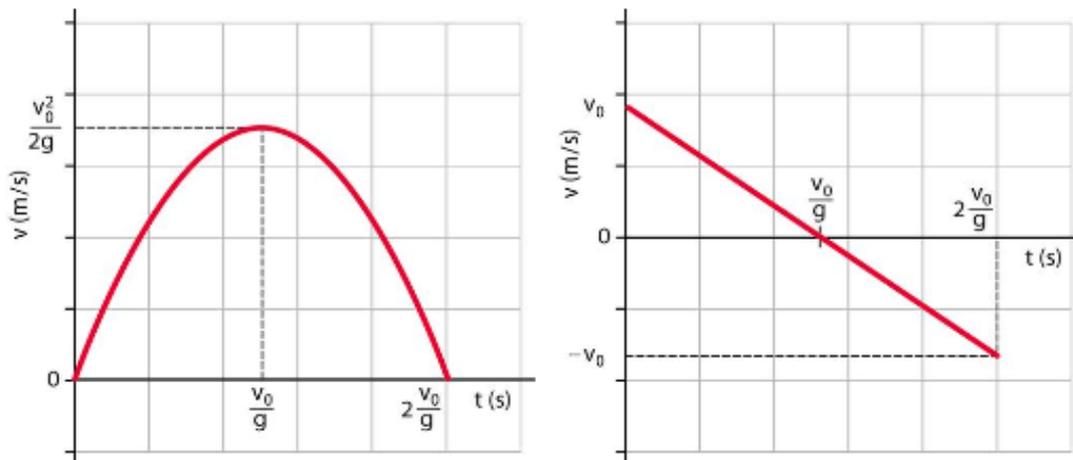
**MINDBUILDING** Simmetrie del moto di caduta di un corpo lanciato verso l'alto  
Consideriamo un corpo lanciato verso l'alto dalla quota  $s_0 = 0$  m con velocità  $v_0$ .

**1** La sua legge oraria è:

$$s = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$

**2** Il corpo è in caduta libera, cioè è soggetto all'accelerazione di gravità  $g$ , e la sua legge velocità-tempo è:

$$v = v_0 - g t$$



A causa dell'accelerazione di gravità la velocità del corpo, inizialmente positiva, diminuisce progressivamente, fino a quando si annulla nel punto più alto della traiettoria. Ciò avviene all'istante di tempo  $t$  tale che

$$0 = v_0 - gt$$

cioè

$$t_S = \frac{v_0}{g}$$

In quell'istante, il corpo raggiunge la massima altezza:

$$s = v_0 \frac{v_0}{g} - \frac{1}{2} g \left( \frac{v_0}{g} \right)^2 = \frac{v_0^2}{2g}$$

Per calcolare a quale istante il corpo tocca terra, cioè quando torna nell'origine del moto, poniamo  $s = 0$  m nella sua legge oraria:

$$0 = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$

Raccogliamo  $t$  e scriviamo l'equazione nella forma:

$$t \left( v_0 - \frac{1}{2} g t \right) = 0$$

Le due soluzioni sono  $t = 0$  s, che corrisponde all'istante iniziale, e  $t = 2v_0/g$ . Notiamo che quest'ultimo è il doppio del tempo  $t_s = v_0/g$  necessario per arrivare alla massima altezza, quindi la discesa dura:

Le due soluzioni sono  $t = 0$  s, che corrisponde all'istante iniziale, e  $t = 2v_0/g$ . Notiamo che quest'ultimo è il doppio del tempo  $t_s = v_0/g$  necessario per arrivare alla massima altezza, quindi la discesa dura:

$$t_D = 2 \frac{v_0}{g} - t_S = 2 \frac{v_0}{g} - \frac{v_0}{g} = \frac{v_0}{g}$$

Come si poteva prevedere,

il tempo di salita è uguale al tempo di discesa.

Per calcolare la velocità con cui giunge a terra, inseriamo nella legge velocità-tempo il valore  $t = 2v_0/g$ :

$$v = v_0 - g \frac{2v_0}{g} = -v_0$$

Il corpo arriva a terra con una velocità che ha lo stesso modulo di quella iniziale ma verso opposto. In generale

in ogni punto della sua traiettoria la velocità del corpo ha lo stesso modulo in salita e in discesa.

Per dimostrarlo utilizziamo la (9) con  $a = g$ :

$$v^2 = v_0^2 - 2gs$$

Per ogni data posizione  $s$ , l'equazione ha due soluzioni

$$v = \pm \sqrt{v_0^2 - 2gs}$$

che hanno lo stesso modulo e segno opposto: la velocità di salita è positiva, mentre quella di discesa è negativa.

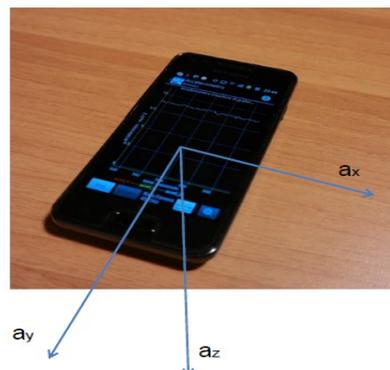
## APPUNTI PER LA FASE 2

L'accelerometro misura l'accelerazione del suo elemento mobile rispetto allo smartphone.

Infatti, poggiato lo smartphone su un piano orizzontale, risulta:

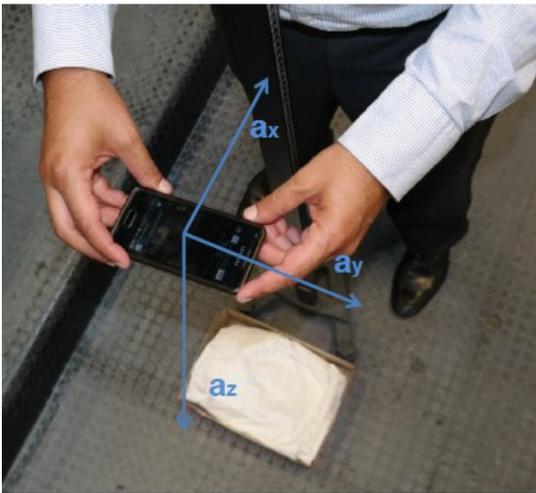
$$a_x = 0 \quad a_y = 0 \quad a_z = g$$

In generale, considerando le leggi di composizione (non relativistiche) degli spostamenti, delle velocità e delle accelerazioni, si può scrivere:



$\mathbf{a}$  misurata dallo smartphone =  $\mathbf{a}$  del corpo mobile rispetto ad un osservatore fisso -  $\mathbf{a}$  trascinate dello smartphone

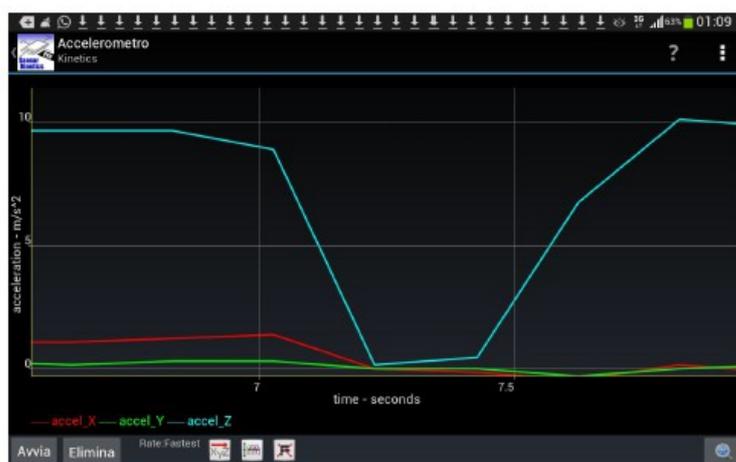
Lo smartphone è disposto orizzontalmente ed è lasciato cadere da una certa altezza su un cuscino posto in uno scatolo



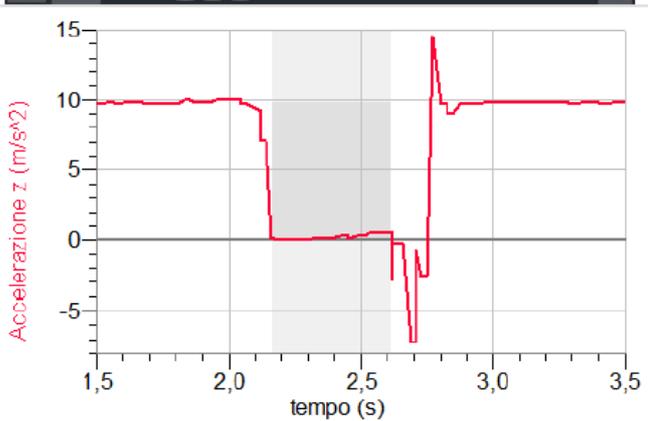
Poiché l'accelerazione di trascinamento dello smartphone è pari a  $g$ , l'accelerazione misurata dallo smartphone durante la caduta è  $a_z = g - g = 0$

Calcolo del tempo di caduta da un'altezza  $h=1,00$  m

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,00}{9,81}} s = 0,45 s$$



## Valore sperimentale



(3.149. -6.94) dx: 0.453 dv: 9.80

t (s)	ax (m/s <sup>2</sup> )	ay (m/s <sup>2</sup> )	az (m/s <sup>2</sup> )
2,009	0,61313	0,45984	9,96328
2,046	0,61372	0,45924	9,96388
2,073	0,61313	0,30656	9,65672
2,116	0,46044	0,30596	9,19747
2,141	-0,61313	1,07297	7,05094
2,161	-0,30596	-0,0006	0,15388
2,194	0,0006	-0,0006	0,0006
2,212	-0,15268	-0,0006	0,0006
2,269	-0,15268	-0,0006	0,15388
2,293	-0,15268	-0,0006	0,0006
2,308	-0,15268	-0,15388	0,15388
2,332	-0,15328	-0,15328	0,15328
2,364	-0,15268	-0,0006	0,15388
2,388	-0,15328	0	0,15328
2,423	-0,15268	-0,0006	0,30716
2,446	-0,15328	0	0,30656
2,475	0,0006	-0,0006	0,30716
2,489	0	0	0,30656
2,515	-0,15268	-0,0006	0,30716
2,529	0,0006	-0,0006	0,46044
2,615	0	0	0,45984
2,617	-3,83143	-2,4531	-2,91175
2,659	-1,53221	-1,99326	-0,15268
2,686	-1,07237	0,30596	-7,20362
2,71	-1,07297	0,30656	-7,20422

$$t_{\text{caduta}} = 2,61\text{s} - 2,16\text{s} = 0,45\text{s}$$

$$\Delta t = 0,02\text{s}$$

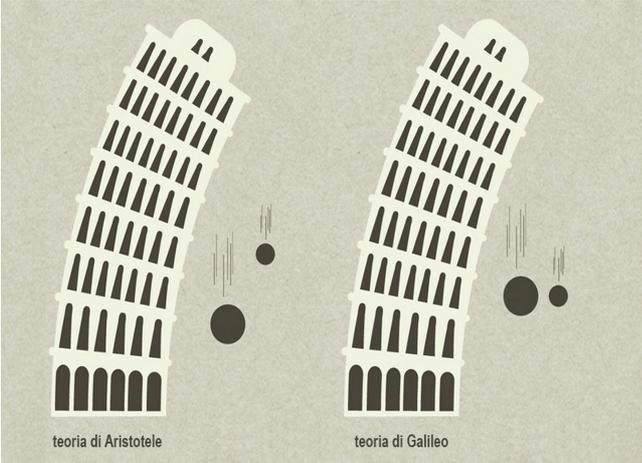
## Tabella riassuntiva dati sperimentali Smartphone in caduta libera

h(m)	t <sub>caduta</sub> (s)	h/t (m/s)	h/t <sup>2</sup> (m/s <sup>2</sup> )
1,00	0,45	2,22	4,94
0,90	0,44	2,05	4,65
0,80	0,40	2,00	5,00
0,70	0,37	1,89	5,11
0,60	0,33	1,82	5,51
0,50	0,32	1,56	4,88
0,40	0,28	1,43	5,10
0,30	0,24	1,25	5,21

Media	1,78	5,05
Deviazione standard	0,33	0,25
DvSt/M%	18,78%	5,00%

Si verifica la proporzionalità quadratica diretta fra lo spazio percorso e il tempo impiegato

# APPUNTI PER LA FASE 2



?

Esempi

## COME REDIGERE LA RELAZIONE/ARTICOLO SULL'ESPERIENZA

Il modello di realizzazione della relazione delle esperienze che faremo in laboratorio ricalca sinteticamente il modo di comunicare degli scienziati che a sua volta ricalca nello svolgimento il metodo scientifico.

Infatti un articolo scientifico è fondamentalmente composto da 3 passaggi:

1. osservazione
2. riflessione e ipotesi
3. esperimento e conclusione

Pur non avendo l'obiettivo che hanno gli scienziati di comunicare i risultati di una ricerca illustrando il modo con cui si è operato cercheremo umilmente di seguire il loro modello di divulgazione e cioè anche la nostra relazione, per quanto possibile, deve permettere a chi legge di ripetere l'esperimento che abbiamo effettuato.

Il modello che segue ha questi obiettivi cercando di unire sintesi e completezza senza trascurare di citare le fonti utilizzate nella redazione del proprio lavoro sia che si tratti di testi sia che si tratti di siti o pagine web.

## Esempio schema della relazione/articolo

CLASSE: _____	ALUNNO
GRUPPO: _____	
<b>TITOLO ESPERIMENTO</b>	Introduce l'esperimento/esperienza
<b>ABSTRACT</b>	Nelle relazioni degli scienziati è una sintesi breve ed efficace con la quale chi legge può capire di cosa tratta l'articolo senza doverlo leggere tutto – <b>Può essere omesso, ma non si potrà ottenere il massimo del punteggio.</b>
<b>SCOPO E IPOTESI</b>	Spiega l'obiettivo dell'esperimento e completa il titolo. È fondamentale fare in modo che l'obiettivo sia chiaro altrimenti è bene chiedere spiegazioni all'insegnante per evitare di perdere tempo e prendere un brutto voto.
<b>PRINCIPI E RIFERIMENTI TEORICI</b>	Questa sezione dovrebbe contenere in non più di sei righe una spiegazione dei principali concetti teorici e delle leggi fisiche che riguardano l'esperimento/esperienza. Il limite delle sei righe è necessario per abituare gli alunni ad essere sintetici nello svolgere la funzione di inquadrare il fenomeno.
<b>STRUMENTI e MATERIALI</b>	Questa sezione dovrebbe contenere: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. una tabella con gli strumenti utilizzati (con portata e sensibilità)</li> <li>2. Una tabella con le attrezzature utilizzate (disegni o foto)</li> <li>3. una descrizione del materiale</li> </ol>
<b>PROCEDIMENTO</b>	In questa sezione è necessario descrivere in successione le fasi di svolgimento dell'esperimento/esperienza. In particolare ogni volta che viene effettuata una scelta pratica, per esempio ogni volta che viene usato uno strumento invece che un altro o ripetere le misure, o è stato adottato qualche accorgimento, ecc., dichiararlo e spiegarne il perché.
<b>RACCOLTA DATI</b>	Conviene presentarle in questa sezione o in una allegata tabella con le rispettive incertezze.
<b>ELABORAZIONE DEI DATI</b>	In questa sezione si dovrebbe inserire una puntuale analisi dei dati ottenuti, che dovrebbe comprendere: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. la valutazione degli errori sistematici con proposte per ridurli.</li> <li>2. Il calcolo delle incertezze</li> <li>3. grafici e calcoli</li> </ol> <b>Può essere omesso, ma non si potrà ottenere il massimo del punteggio.</b>
<b>OSSERVAZIONI E CONCLUSIONI</b>	Questa ultima sezione è forse la parte più importante della relazione perché dovrebbe contenere: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. la discussione dei risultati ottenuti</li> <li>2. la verifica del raggiungimento degli obiettivi ottenuti,</li> <li>3. l'eventuale proposta di modifica per migliorare l'esperimento.</li> </ol> Le conclusioni sono strettamente legate alle osservazioni iniziali e vanno sempre formulate anche se sembra che i dati ottenuti non permettano di trarre conclusioni ovvero va sempre dichiarato tutto anche quello che sembra non riuscito
<b>BIBLIOGRAFIA (compresi siti web)</b>	È obbligatorio citare le fonti che si sono utilizzate nella redazione dell'articolo anche se si tratta di siti o singole pagine prese dal web. In quest'ultimo caso si consiglia di controllare attentamente l'affidabilità delle fonti

**GRIGLIA DI VALUTAZIONE / AUTOVALUTAZIONE**

*Il compito/relazione/articolo delle esperienze di laboratorio viene considerato a tutti gli effetti verifica scritta sommativa come suggeriscono le indicazioni previste per il liceo scientifico con particolare riferimento al “valore della dimensione sperimentale” e come ribadito dalla C.M. n° 94 del 14/10/2011 e dalla C.M. n° 89 del 18/10/2012.*

CONGNOME \_\_\_\_\_ NOME \_\_\_\_\_

CLASSE \_\_\_\_\_ SEZ. \_\_\_\_\_

**ANNO SCOLASTICO 2018/2019**

LIVELLO	DESCRITTORE						PUNTI	RISERVATO ALUNNO	RISERVATO COMMISSIONE
TE	Verrà valutata la teoria su cui si basa l'esperienza, la sua correttezza scientifica, la capacità di sintesi espressa nella trattazione e la coerenza con l'argomento trattato.						20 ~ 45		
	20	25	30	35	40	45			
PC	Relazione elaborata al computer con eventuale aggiunta di allegati multimediali						8 ~ 22		
	8	10	12 Foto	16 video	18 colore	22 montaggio			
%OR	Esperienza ed elaborazione originale						% su totale alunni		
SC	Relazione elaborata con schema concordato o uno equivalente						2 ~ 12		
	0 nessuno schema usuale	4 Incompleto	6 Completo	8 con grafici	12 con matematica				
VF	Corretto funzionamento dell'esperimento/esperienza Verrà rilasciato un codice sul sito del professore						5 ~ 15		
PROT	Consegna nei tempi previsti dall'insegnante Verrà penalizzata la consegna in ritardo escludendo solo i giorni di chiusura della scuola						-1 al di		
B	BIBLIOGRAFIA Verrà valutata la presenza di una bibliografia verificabile						5 ~ 25		
	0	5	10	15	20	25			
<b>TOTALE</b>									

**N.B.**

In base alla circolare del ministro Berlinguer del 02/07/1997 prot. 763, che riprende precedente circolare del ministro Valitutti ('70), è possibile e/o consente che la valutazione degli alunni su materie orali possa essere fatta anche mediante esercitazioni scritte in classe. Da ciò se ne può dedurre che il giudizio del docente possa fondarsi su qualunque strumento di valutazione didattica oltre alla classica interrogazione "alla lavagna".

**Le modalità di verifica sono coerenti con le indicazioni del D.M. N°139 del 22/08/2007 e con le indicazioni del dipartimento scientifico dell'anno scolastico in corso**